

46-
66-

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-90875

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 3 F 1/08

G 0 3 F 1/08

A

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 0 2 P

5 2 8

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-237249

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月2日

(31) 優先権主張番号 37790/1996

(32) 優先日 1996年9月2日

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 596034274

エルジー セミコン カンパニー リミテ
ッド大韓民国、チューンチェオンブクド、チ
ェオンジュ、フンダクグ、ヒヤングジェ
オンードン、1

(72) 発明者 ジュン-セオク リー

大韓民国、ソウル、スンブクグ、ジャン
ウィー1ードン、182-18

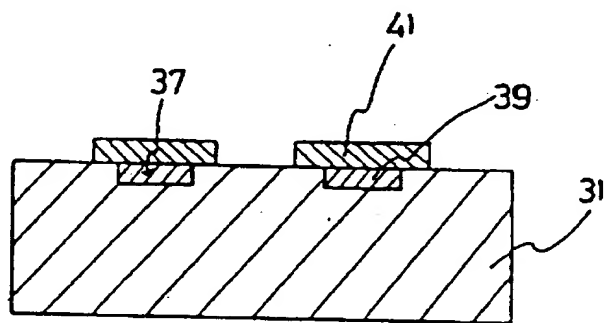
(74) 代理人 弁理士 笹島 富二雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 位相シフトマスク及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 遮光層と位相シフト層との接触力が増加して機械的に分離することを防止できるようにする位相シフトマスク及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】 本発明による位相シフトマスクは、透明基板と、前記透明基板上に所定深さに形成される溝と、前記溝内部に形成されるに応じて入射光線を遮断する遮光層と、前記遮光層と所定部分が接触し、残りの部分が前記透明基板と接触できるように形成されるにともなう、入射光をシフトさせる位相シフト層とを含み、本発明による位相シフトマスクの製造方法は、透明基板上の所定部分に犠牲層を形成し、前記犠牲層の側面に側壁を形成する工程と、前記犠牲層及び前記側壁をマスクとして透明基板を異方性エッチングすることによって溝を形成する工程と、前記側壁を除去し、前記犠牲層及び前記透明基板の露出している部分上にある溝を埋め込むため、酸化時に透明になる不透明な物質を蒸着し、酸化して位相シフト層を形成すると共に溝の内部に遮光層を限定する工程と、前記犠牲層を除去する工程とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体装置の露光描画装置に用いられる位相シフトマスクであって、

透明基板と、

該透明基板上に所定深さに形成された溝と、

該溝内部に形成されて入射光線を遮断する遮光層と、

該遮光層と接触するように形成された入射光をシフトする位相シフト層と、を含んで構成されたことを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項2】 前記位相シフト層は、遮光層の化合物で形成されたことを特徴とする請求項1記載の位相シフトマスク。

【請求項3】 前記遮光層及び位相シフト層は互いに異なる物質で形成されたことを特徴とする請求項2記載の位相シフトマスク。

【請求項4】 前記遮光層は溝内部にだけ形成されたことを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1つに記載の位相シフトマスク。

【請求項5】 前記透明基板上にエッチング停止層を形成したことを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか1つに記載の位相シフトマスク。

【請求項6】 透明基板上の所定部分に犠牲層を形成する工程と、

前記犠牲層の側面に側壁を形成する工程と、

該犠牲層及び側壁をマスクとして溝を形成する工程と、

前記側壁を除去し、該溝に遮光層を形成する工程と、

該遮光層上に入射光をシフトする位相シフト層を形成する工程と、

前記犠牲層を除去する工程と、を備えたことを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項7】 前記溝を形成する工程は、透明基板を異方性エッチングすることによって溝を形成する工程であることを特徴とする請求項6記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項8】 前記犠牲層を形成する工程は、

前記透明基板上にレジスト層及び銀を含む変質層を順次蒸着する工程と、

前記変質層の所定部分を露光することにより銀をレジスト層へ拡散させて耐エッチング性を有する犠牲層を形成する工程と、

該犠牲層を除き、残留変質層及びレジスト層を除去する工程と、を備えたことを特徴とする請求項6又は請求項7記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項9】 前記レジスト層を、Ge-Se系を含む無機質レジストを回転塗布(spin coating)することにより形成することを特徴とする請求項8記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項10】 前記犠牲層を形成する工程は、透明基板の全面にエッチング停止層を形成してから犠牲層を形成する工程であり、

前記溝を形成する工程は、エッチング停止層を異方性エッチングすることにより当該層に溝を形成する工程であることを特徴とする請求項6記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項11】 遮光層を形成する工程及び位相シフト層を形成する工程は、酸化時に透明になる不透明な物質を蒸着して溝を埋め、酸化して位相シフト層を形成する工程であることを特徴とする請求項6～請求項10のいずれか1つに記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項12】 前記遮光層を形成する工程及び位相シフト層を形成する工程は、

亜鉛Znまたは多結晶シリコンをCVD方法で蒸着して溝に埋め込む工程と、

前記犠牲層および透明基板の亜鉛Znまたは多結晶シリコンを化学機械的方法で研磨して平坦化する工程と、

前記亜鉛Zn又は多結晶シリコンを酸化して位相シフト層を形成する工程と、を備えた工程であることを特徴とする請求項11記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項13】 前記亜鉛Zn又は多結晶シリコンを酸化する工程は、亜鉛Znまたは結晶シリコンに酸素イオンを注入して熱処理するか、又は熱を加えて酸化する工程であることを特徴とする請求項12記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項14】 前記位相シフト層を形成する工程は、犠牲層をマスクとして透明基板が露出した部分及び遮光層上に液相成長法によって位相シフト層を形成する工程であることを特徴とする請求項12又は請求項13記載の位相シフトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、位相シフトマスク及びその製造方法に係り、特に位相シフト効果を向上させる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の高集積化及び高密度化に伴い、半導体装置の単位素子のサイズは小さくなり、よって導線などの線幅が狭くなる。故に、接触描画(contact printing)方法、ブラクシミティ描画(proximity printing)方法及びプロジェクション(projection printing)方法などの露光方法を用いたフォトリソグラフィ(photo lithography)工程によって微細パターンを形成するには限界がある。したがって、露光時に電子ビームまたはイオンビーム又は位相シフトマスク(Phase Shifting Mask)を用いて微細パターンが形成されている。

【0003】 かかる位相シフトマスクは位相シフト領域及び透明領域を含んでいるが、この方法では、位相シフト領域を透過する光の位相を180°にシフトさせて投光領域を透過する光と相殺干渉を行うことにより、解像力と焦点深度をより向上させてより良いパターンを得ている。位相シフトマスクは種類によって交番形(Alternated typ

e)、リム形(Rim type)、減殺形(Attenuated type)及びアウトリガ形(Outrigger type)などがある。

【0004】従来のリム形位相シフトマスクについては、Nitayamaなどが“New Phase Shifting Mask Self-aligned Phase Shifters for a Quarter Micron Photolithography”という題目でIEDM, pp57-60(1989)に載せている。また、従来の別のリム形位相シフトマスクについては、Minamiなどが“Method of producing a Phase Shifting Mask”という名称で米国特許第5,300,378号に載せている。

【0005】次に、かかる従来の位相シフトマスクの製造方法について説明する。図5は、従来のNitayamaなどの技術による位相シフトマスクの製造工程図を示す。図

$$t = \lambda / \{2(n-1)\}$$

ここで、 λ は位相シフト層17を透って位相シフトされる光の波長であり、 n は位相シフト層17の屈折率である。

【0007】次に、遮光層13をマスクとして位相シフト層17を背面露光及び現像する。位相シフト層17が感光特性を有しているため遮光層13が形成される部分を除いた、透明基板11と接触する部分のみ露光及び現像される。したがって、位相シフト層17は、(C)に示すように遮光層13上にだけ残留する。次に、遮光層13をエッチング溶液を用いてエッチングする。故に、

(D)に示すように、遮光層13の側面がエッチングされて位相シフト層17の下部がアンダーカット(undercut)される。この遮光層13のアンダーカットされた部分が位相シフト層領域となり、遮光層13と接触している部分は遮光領域となる。そして、位相シフト層17と重なっていない部分が透光領域となる。

【0008】次に、Minamiなどの技術による位相シフトマスクの製造方法を図6に示す。この方法では、まず、図6(A)に示すように、透明基板21上に亜鉛Zn或は多結晶シリコンなどの不透明な物質を蒸着して遮光層23を形成する。そして、遮光層23上に感光膜25を塗布した後、露光及び現像して遮光層23の所定部分を露出させる。

【0009】次に、感光膜25をマスクとして遮光層23を過度エッチング(overetching)する。この際、

(B)に示すように、遮光層23は、感光膜25の下部の側面からエッチングされてアンダーカットされる。この遮光層23が除去されずに残っている部分が遮光領域となる。次に、(C)に示すように、透明基板21上に、感光膜25をマスクとして酸化亜鉛ZnOなどの透明物質をスパッタリング方法で蒸着して位相シフト層27を形成する。この時、位相シフト層27を遮光層23と所定の間隔だけ離隔されて式(1)に従った厚さに形成する。

【0010】尚、この位相シフト層27の形成時に、感光膜25上にも位相シフト層27を形成する物質が蒸着

5(A)に示すように、透明基板11上にクロムCrなどの不透明な物質をスパッタリング方法で蒸着して遮光層13を形成する。そして、透明基板11及び遮光層13上に感光膜15を塗布した後、露光及び現像して遮光層13の所定部分を露出させる。次に、前記感光膜15をマスクとして遮光層13をエッチングすることによって透明基板11を露出させる。

【0006】次に、遮光層13上の感光膜15を除去し、(B)に示すように、透明基板11及び遮光層13上に透明な感光物質のPMMA(Poly-Methyl-Methacrylate)を回転塗布方法(spin coating method)によって塗布して位相シフト層17を形成する。その厚さは以下の式(1)による。

$$\dots\dots\dots (1)$$

される。そして、透明基盤21上に位相シフト層27が形成された部分は位相シフト領域となる。次に、感光膜25とこの感光膜25上に蒸着されている位相シフト層27を形成する物質とをリフトオフ(lift-off)方法で除去する。これにより、(D)に示すように、遮光層23と位相シフト層27との間の透明基板21が露出した部分が透光領域となる。

【0011】このような従来の技術では、遮光層上に位相シフト層及び感光膜を形成し、ウェットエッチングすることにより遮光層の幅を限定しており、Nitayamaなどの技術では、位相シフト領域を限定し、Minamiの技術では、遮光層と遮光層との間に位相シフト層を形成している。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、かかる従来の位相シフトマスク及びその製造方法では、次のような問題点があった。即ち、位相シフト層をスパッタリング方法、或は回転塗布方法で形成するので、表面の平坦度が低下し、かつ遮光層が側方向にウェットエッチングされるにともなって側面が傾くので位相シフト効果が低下する。そして、遮光層が側方向にエッチングされるにともなって位相シフト層との接触面積が小さくなるので、接着力が低下して機械的に分離するおそれがある。

【0013】本発明は、このような従来の課題に鑑みてなされたもので、位相シフト効果が良好な位相シフトマスクを提供することを目的とする。また、遮光層を均一の厚さに形成し、位相シフト層の表面の平坦度を高めることにより、位相シフト効果をより向上させることができる位相シフトマスクの製造方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】このため、請求項1の発明にかかる位相シフトマスクは、半導体装置の露光描画装置に用いられる位相シフトマスクであって、透明基板と、該透明基板上に所定深さに形成された溝と、該溝内部に形成されて入射光線を遮断する遮光層と、該遮光層

と接触するように形成された入射光をシフトする位相シフト層と、を含むように構成した。

【0015】かかる構成によれば、溝に限定された遮光層が形成されている。請求項2の発明にかかる位相シフトマスクでは、前記位相シフト層は、遮光層の化合物で形成されている。かかる構成によれば、位相シフト層は、遮光層の化合物で形成されている。請求項3の発明にかかる位相シフトマスクでは、前記遮光層及び位相シフト層は互いに異なる物質で形成されている。

【0016】かかる構成によれば、遮光層と位相シフト層との接着力が強くなる。請求項4の発明にかかる位相シフトマスクでは、前記遮光層は溝内部にだけ形成されている。かかる構成によれば、遮光層は溝に限定される。請求項5の発明にかかる位相シフトマスクでは、前記透明基板上にエッチング停止層を形成している。

【0017】請求項6の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法は、透明基板上の所定部分に犠牲層を形成する工程と、前記犠牲層の側面に側壁を形成する工程と、該犠牲層及び側壁をマスクとして溝を形成する工程と、前記側壁を除去し、該溝に遮光層を形成する工程と、該遮光層上に入射光をシフトする位相シフト層を形成する工程と、前記犠牲層を除去する工程と、を備えた。

【0018】かかる構成によれば、透明基板上の所定部分に犠牲層が形成され、犠牲層の側面に側壁が形成され、犠牲層及び側壁をマスクとして溝が形成され、側壁が除去されてから溝に遮光層が形成され、該遮光層上に入射光をシフトする位相シフト層が成されて犠牲層が除去される。請求項7の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法では、前記溝を形成する工程は、透明基板を異方性エッチングすることによって溝を形成する工程である。

【0019】かかる構成によれば、透明基板が異方性エッチングされ、透明基板に溝が形成される。請求項8の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法では、前記犠牲層を形成する工程は、前記透明基板上にレジスト層及び銀を含む変質層を順次蒸着する工程と、前記変質層の所定部分を露光することにより銀をレジスト層へ拡散させて耐エッチング性を有する犠牲層を形成する工程と、該犠牲層を除き、残留変質層及びレジスト層を除去する工程と、を備えている。

【0020】かかる構成によれば、透明基板上にレジスト層及び変質層が順次蒸着され、変質層の所定部分が露光されて銀がレジスト層へ拡散し、耐エッチング性を有する犠牲層が形成される。残留変質層及びレジスト層は、その後、除去される。請求項9の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法では、前記レジスト層を、Ge-Se系を含む無機質レジストを回転塗布(spin coating)することにより形成する。

【0021】請求項10の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法では、前記犠牲層を形成する工程は、透明

基板上の全面にエッチング停止層を形成してから犠牲層を形成する工程であり、前記溝を形成する工程は、エッチング停止層を異方性エッチングすることにより当該層に溝を形成する工程である。かかる構成によれば、透明基板上の全面にエッチング停止層が形成され、犠牲層が形成され、透明基板がエッチングから保護される。そして、溝は、エッチング停止層が異方性エッチングされて形成される。

【0022】請求項11の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法では、遮光層を形成する工程及び位相シフト層を形成する工程は、酸化時に透明になる不透明な物質を蒸着して溝を埋め、酸化して位相シフト層を形成する工程である。かかる構成によれば、遮光層の不透明な物質を酸化して透明な位相シフト層が形成される。化学変化させて位相シフト層の化合物形成を連続してが一体に形成される。遮光層及び位相シフト層の形成を連続してが一体に形成される。

【0023】請求項12の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法では、前記遮光層を形成する工程及び位相シフト層を形成する工程は、亜鉛Znまたは多結晶シリコンをCVD方法で蒸着して溝に埋め込む工程と、前記犠牲層および透明基板上の亜鉛Znまたは多結晶シリコンを化学機械的方法で研磨して平坦化する工程と、前記亜鉛Zn又は多結晶シリコンを酸化して位相シフト層を形成する工程と、を備えた工程である。

【0024】かかる構成によれば、亜鉛Znまたは多結晶シリコンがCVD方法で蒸着されて溝に埋め込まれ、化学機械的方法で研磨されて犠牲層が露出すると共に、平坦化される。そして、亜鉛Zn又は多結晶シリコンが酸化されて位相シフト層が形成される。請求項13の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法では、前記亜鉛Zn又は多結晶シリコンを酸化する工程は、亜鉛Znまたは結晶シリコンに酸素イオンを注入して熱処理するか、又は熱を加えて酸化する工程である。

【0025】かかる構成によれば、亜鉛Znまたは結晶シリコンに酸素イオンを注入して熱処理するか、又は熱を加えて酸化することにより透明な酸化亜鉛又は酸化シリコンが形成される。請求項14の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法では、前記位相シフト層を形成する工程は、犠牲層をマスクとして透明基板が露出した部分及び遮光層上に液相成長法によって位相シフト層を形成する工程である。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1～図4に基づいて説明する。図1は本発明による位相シフトマスクの実施の形態を示す断面図である。かかる位相シフトマスクはソーダライムガラス(soda lime glass)もしくは石英などの透明な物質から構成されている透明基板31の所定部分に500～4000Å程度の深さを持つ溝37が形成されている。そして、溝37の内

部に遮光層39が形成され、この遮光層39上に透明基板31と重なるように位相シフト層41が形成される。この遮光層39は入射光を遮断することであって溝37内部にだけ形成され、位相シフト層41は入射光の波長を 180° シフトさせることであって溝37外部の透明基板31と接触できるように形成する。

【0027】故に、遮光層39は光透過率が30%より低い、好ましくは0~5%程度の亜鉛Znまたは多結晶シリコン或いはGe-Se系の無機質レジストから構成され、500~4000Å程度の厚さに形成する。そして、位相シフト層41は光透過率が大きい酸化亜鉛ZnO及び酸化シリコンSiO₂から形成する。前記位相シフト層41は入射光の波長の位相を 180° シフトさせるために式(1)に従った厚さに形成する。

【0028】位相シフト層41を構成する酸化亜鉛ZnO及び酸化シリコンの屈折率はそれぞれ1.4~1.5及び1.42~1.44程度である。したがって、波長が365nmであるI-ライン(i-line)の光を位相シフトさせるためには、位相シフト層41を3500~5000Å程度の厚さに形成する。遮光層39と位相シフト層41は一つのボディで構成することもでき、またはそれぞれ互いに異なるボディで構成することもできる。

【0029】前者の場合は、遮光層39が亜鉛Zn或いは多結晶シリコンによって形成され、位相シフト層41は前記遮光層39を形成する亜鉛Znまたは多結晶シリコンを酸化させた酸化亜鉛ZnOもしくは酸化シリコンから形成される。これは、異方性エッチングによって均一の厚さを有する溝37を埋め込み、透明基板31上に所定の厚さを持つことができるように亜鉛Znまたは多結晶シリコンを蒸着した上、前記透明基板31と接触する部分まで酸化することにより形成するが酸化しない部分は遮光層39となり、酸化する部分は位相シフト層41となる。

【0030】後者の場合は、遮光層39がGe-Se系の無機質レジストから形成され、位相シフト層41はエピタキシャル成長した酸化シリコンから形成する。遮光層39は均一の深さを持つ溝37に均一の厚さに形成されるので位相シフト効果が向上する。遮光層39及び位相シフト層41が一つのボディを構成する。尚、それぞれ互いに異なるボディを構成した場合、とも位相シフト層41が遮光層39だけでなく透明基板31と所定部分が接合するので接着力が大きくなる。

【0031】また、透明基板上に酒石酸インジウムなどのような透明な導電物質が形成され、500~4000Å程度の厚さを持つエッチング停止層より多く備えられ、電子ビームによる露光時に電荷の蓄積と製造工程時に透明基板の損傷が防止される。次に、位相シフトマスクの製造方法の第1の実施の形態を、図2に基づいて説明する。

【0032】図2(A)に示すように、ソーダライムガ

ラス(soda lime glass)または石英などの透明な物質から構成される透明基板31上に酸化シリコン及び窒化シリコンからなる3500~5000Å程度の厚さの犠牲層33を形成し、犠牲層33をパターニングすることにより、透明基板31の所定部分を露出させる。犠牲層33は、透明基板31上に酸化シリコン及び窒化シリコンを化学気相蒸着(Cheical Vapor Deposition: 以下、「CVD」という)法で蒸着することにより形成される。

【0033】また、犠牲層33のパターニングは、電子ビーム露光を含むフォトリソグラフィ(photolithography)方法により行われる。次に、(B)に示すように、犠牲層33の側面に1000~4000Å程度の厚さの側壁35を形成し、500~4000Å程度の深さの溝37を形成する。この側壁35は透明基板31の露出した部分及び犠牲層33上にポリマを塗布した上、リアクティブイオンエッチング(Reactive Ion Etching: 以下、「RIE」という)などの方法でエッチバック(etchback)することにより形成される。

【0034】溝37は、犠牲層33及び側壁35をマスクとして透明基板31の露出した部分をRIE方法で異方性エッチングすることにより形成される。次に、

(C)に示すように、側壁35を除去し、溝37に亜鉛Zn或は多結晶シリコンなどを埋め込んで溝37の内部に遮光層39を形成し、平坦化して犠牲層33を露出させた後、位相シフト層41を形成する。

【0035】尚、遮光層39に埋め込む亜鉛Zn或は多結晶シリコンなどは、光透過率が30%より低く、好ましくは0~5%程度のものがよい。平坦化は、犠牲層33及び透明基板31上の亜鉛Znまたは多結晶シリコンなどを化学機械的研磨(Cheical Mechanical Polishin g: 以下、「CMP」という)方法で研磨することにより行われる。

【0036】位相シフト層41は、亜鉛Zn或は多結晶シリコンに酸素イオンを注入して熱処理するか、熱を加えて酸化することにより形成される。この処理は、遮光層39が500~4000Å程度の厚さに、位相シフト層41は3500~5000Å程度の厚さに形成されるように行うのが好ましい。位相シフト層41の形成時、溝37内部の亜鉛Znまたは多結晶シリコンは酸化されず、遮光層39は、溝37で限定され、位相シフト層41は、溝37外部の透明基板31と接触するように形成される。

【0037】次に、犠牲層33を選択的に除去することにより、(D)に示すように、透明基板31を露出させる。犠牲層33は、燐酸(H₃PO₄)のような位相シフト層41とのエッチング選択比の高いエッチング溶液で選択的に除去される。透明基板31が露出した部分が投光領域となる。

【0038】かかる製造方法によれば、透明基板に溝を

形成し、亜鉛Zn或は多結晶シリコンを蒸着した上にCMPを行い、溝外部の亜鉛Znまたは多結晶シリコンを酸化することにより、位相シフト層を形成するとともに遮光層を限定するようにしたため、遮光層が均一の厚さを持つので位相シフト効果が向上し、位相シフト層と遮光とは一つのボディで構成されるので接着力が増加し、また、CMPによって位相シフト層の表面を平坦化させることができる。

【0039】次に、位相シフトマスクの製造方法の第2の実施の形態を、図3に基づいて説明する。図3(A)に示すように、ソーダライムガラス(soda lime glass)及び石英などの透明な物質からなる透明基板31上に、酸化シリコン及び窒化シリコンからなる500~4000Å程度の厚さのエッチング停止層32を形成し、エッチング停止層32上に、酸化シリコン及び窒化シリコンからなる3500~5000Å程度の厚さの犠牲層33を形成し、犠牲層33をパターンニングすることにより、エッチング停止層32の所定部分を露出させる。

【0040】エッチング停止層32は、犠牲層33のパターンニング時に透明基板31の損傷を防止するための層であり、酒石酸インジウムなどのような透明な導電物質をCVD方法で蒸着することにより形成される。犠牲層33は、酸化シリコン及び窒化シリコンをCVD方法で蒸着することにより形成され、パターンニングは、ビーム露光を含むフォトリソグラフィ(photolithography)方法により行われる。

【0041】次に、(B)に示すように、犠牲層33の側面に1000~4000Å程度の厚さをもつ側壁35を形成し、犠牲層33及び側壁35をマスクとして透明基板を露出させる。側壁35は、エッチング停止層32の露出した部分及び犠牲層33上にポリマを塗布した後、RIEなどの方法でエッチバック(etchback)することによって形成され、犠牲層33及び側壁35をマスクとして、エッチング停止層32の露出した部分をRIE方法で異方性エッチングすることにより、透明基板が露出する。この際、透明基板31を所定深さにエッチングすることもできる。

【0042】次に、側壁35を除去し、犠牲層33及びエッチング停止層32が露出した部分上に亜鉛Znもしくは多結晶シリコンなどを蒸着し、犠牲層33及びエッチング停止層32上の亜鉛Zn或は多結晶シリコンを研磨して平坦化させることにより、(C)に示すような位相シフト層41を形成する。亜鉛Znもしくは多結晶シリコンなどは、第1の実施の形態と同様に、光透過率が30%より低い、好ましくは0~5%程度のものであり、CVD方法によって形成される。

【0043】位相シフト層41も、第1の実施の形態と同様に、遮光層39が500~4000Å程度の厚さに、位相シフト層41が3500~5000Å程度の厚さに形成されるように、亜鉛Znまたは多結晶シリコン

に酸素イオンを注入して熱処理するか、或は熱を加えて酸化することによって形成され、酸化しない遮光層39は、溝37に限定される。

【0044】次に、(D)に示すように、犠牲層33を磷酸(H_3PO_4)のような位相シフト層とのエッチング選択比の高いエッチング溶液によって選択的に除去することにより、エッチング停止層32を露出させる。このエッチング停止層32の露出した部分が投光領域となる。かかる製造方法によれば、溝内部の遮光層及び溝外部の位相シフト層とを一つのボディで形成し、位相シフト層の表面にCMPを行うことにより、接着力の増加及び平坦度の向上を図ることができる。それだけでなく、透明基板上にエッチング停止層を蒸着することにより、犠牲層のエッチング時に透明基板の損傷を防止し得る。

【0045】次に、位相シフトマスクの製造方法の第3の実施の形態を、図4に基づいて説明する。図4(A)に示すように、ソーダライムガラス(soda lime glass)または石英などの透明な物質から構成されている透明基板31上に、Ge-Se系を含む無機質レジストからなる3500~5000Å程度の厚さのレジスト層43を形成し、このレジスト層43上にAg-Ge-Se系の100~200Å程度の厚さの変質層45を形成し、さらに、犠牲層33を形成する。

【0046】レジスト層43は、無機質レジストを回転塗布(spin coating)方法で塗布することにより形成され、変質層45は、蒸着により形成される。また、犠牲層33は、変質層45の所定部分に電子ビームを走査することにより、Ag-Ge-Se系の内、電子ビームが走査された部分の銀がレジスト層43に拡散して形成される。この犠牲層33は、エッチング性を有している。

【0047】次に、残留する変質層45及びレジスト層43を除去して透明基板31を露出させ、犠牲層33の側面に1000~4000Å程度の厚さの側壁35を形成し、(B)に示すように、500~4000Å程度の深さの溝37を形成する。この側壁35は透明基板31の露出した部分及び犠牲層33上にポリマを塗布した後、RIEなどの方法でエッチバック(etchback)することによって形成され、溝37は、犠牲層33及び側壁35をマスクとして透明基板31の露出した部分をRIE方法で異方性エッチングすることにより形成される。

【0048】次に、側壁35を除去し、溝37にGe-Se系を含む無機質レジストを埋め込み、平坦化して犠牲層33を露出させた後、エッチバックして(C)に示すような遮光層39を形成する。溝37の埋め込みは、無機質レジストを回転塗布方法で3500~5000Å程度の厚さに塗布することにより行われ、平坦化は、第1の実施の形態と同様にCMP方法で行われる。

【0049】そして、この際、遮光層は第1の実施の形態と同様に溝37内部に限定される。次に、透明基板31が露出した部分及び遮光層39上に、酸化シリコンか

らなる3500～5000Å程度の厚さの位相シフト層41を形成し、犠牲層33を選択的にエッチングし、(D)に示すように透明基板31を露出させる。

【0050】位相シフト層41は、犠牲層33をマスクとして透明基板31が露出した部分及び遮光層39上に、酸化シリコンを液相成長させることにより形成される。この液相成長は30℃程度の過飽和状態の SiO_2 溶液にディッピングして(dipping)行われ、犠牲層33は、硫酸 H_2SO_4 により選択的にエッチングされる。この透明基板31の露出した部分は投光領域となる。

【0051】かかる製造方法によれば、透明基板上にGe-Se系の無機質レジストに銀を拡散させて犠牲層を形成した後、溝を形成すると共に溝内部に無機質レジストから遮光層を形成し、低温で液相成長して位相シフト層を形成するので、低温工程が少なく、表面の平坦度が増加し、かつ位相シフト層と遮光層とが互いに異なるボディで形成されても透明基板と接触できるので、接着力が増加する。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明にかかる位相シフトマスクによれば、遮光層は均一の深さを持つ溝内に均一の厚さに形成されるので、位相シフト効果を向上させることができる。請求項2の発明にかかる位相シフトマスクによれば、遮光層及び位相マスク層を同じ物質を含むもので形成することができる。

【0053】請求項3の発明にかかる位相シフトマスクによれば、遮光層と位相シフト層との接着力を強くすることができ、機械的な分離を防止することができる効果を奏する。請求項4の発明にかかる位相シフトマスクによれば、遮光層は溝に限定され、遮光層の側面が傾斜することなく、位相シフト効果が向上する。

【0054】請求項5の発明にかかる位相シフトマスクによれば、透明基板をエッチングから保護することができる。請求項6の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法によれば、溝の中に遮光層を形成することができる。請求項7の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法によれば、透明基板に溝を形成することができる。

【0055】請求項8の発明にかかる位相シフトマスク

の製造方法によれば、銀を拡散させて犠牲層を形成することができる。請求項9の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法によれば、レジスト層を無機質レジストで形成することができる。請求項10の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法によれば、透明基板をエッチングから保護することができる。

【0056】請求項11の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法によれば、遮光層の不透明な物質を酸化して透明な位相シフト層を連続的に形成することができる。請求項12の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法によれば、位相シフト層表面の平坦度を向上させることができる。請求項13の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法によれば、遮光層が酸化され、透明な位相シフト層を形成することができる。

【0057】請求項14の発明にかかる位相シフトマスクの製造方法によれば、位相シフト層を低温の液相成長方法で形成するので、低温工程が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の位相シフトマスクの実施の形態を示す断面図。

【図2】本発明の製造方法の第1の実施の形態を示す製造工程図。

【図3】本発明の製造方法の第2の実施の形態を示す製造工程図。

【図4】本発明の製造方法の第3の実施の形態を示す製造工程図。

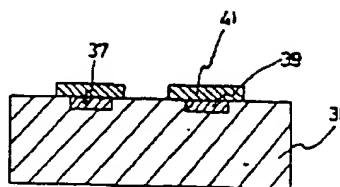
【図5】従来の技術の製造工程図。

【図6】同上従来の技術の製造工程図。

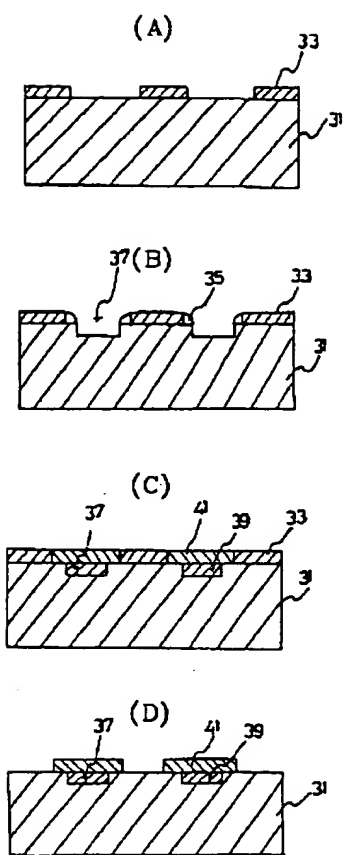
【符号の説明】

- 31 透明基板
- 32 エッチング停止層
- 33 犠牲層
- 35 側壁
- 37 溝
- 39 遮光層
- 41 位相シフト層
- 43 レジスト層
- 45 変質層

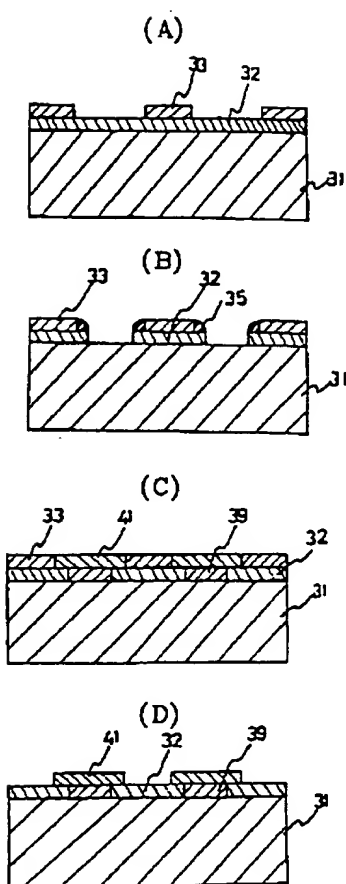
【図1】



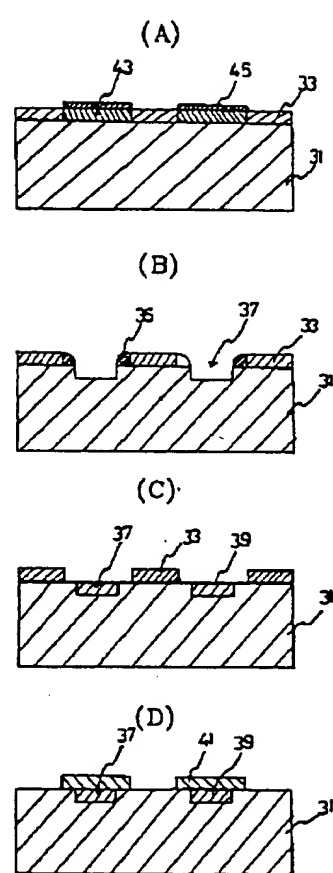
【図2】



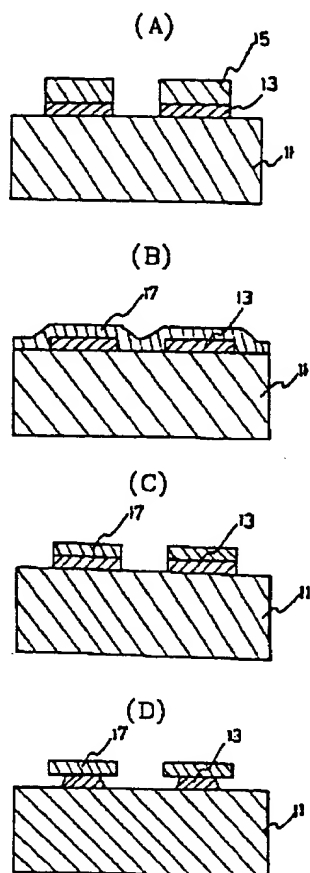
【図3】



【図4】



【図 5】



【図 6】

